云 南 植 物 研 究 8(3)：305—312，1986
Acta Botanica Yunnanica

落葵的花粉粒和胚囊的形成与发育*

徐汉卿

（南京农业大学）

摘要 落葵（*Basella rubra* L.）小孢子的发育为同时型，四分体呈四面体排列。在花粉母细胞减数分裂过程中，可清楚地看到胼胝壁的消长变化。三胞花粉，具散沟和网状纹饰。腺质绒毡层。

胚囊的发育为蓼型。反足细胞早期退化。内珠被突出形成珠被喙，同时，在其珠孔区域，有由内珠被的内表皮细胞所发育而来的类似盖状结构。

本文还注意到同一花中以及相邻花朵之间，花粉粒与胚囊发育进程的相关。花粉粒的发育略早于胚囊的发育，但以后由于胚囊母细胞形成胚囊的进程较为迅速，以致花粉粒与胚囊能够同时成熟。

关键词 落葵；花粉粒；胚囊

落葵（*Basella rubra* L.）又称籐菜、胭脂菜，植株缠绕蔓生，开淡紫红小花，为叶菜类蔬菜作物和常见的观赏植物。体内含紫红色素，可作天然的食品着色剂。前人对落葵曾进行过植物体内色素的化学提取[1]，细胞中染色体数的观察[8]，并对落葵[6]以及同属异种的白落葵（*Basella alba* L.）[7]的胚胎发生也开展了一些研究。但过去的落葵胚胎学研究工作是在一般光学显微镜下，分别就花粉粒和胚囊的形成与发育，进行常规性制片观察，以绘图形式加以记录表达，而对二者发育步调的相关性以及其它显微技术的应用则未见报道。本文增用了一些近代显微技术，较系统地研究了落葵的花粉粒和胚囊在各发育阶段中的特征以及二者在发育进程上的相互关系，以期能为落葵的胚胎发生进一步积累资料，并对落葵的繁育提供基础理论知识。

材 料 与 方 法

本课题开始于1957年，1981—1984年继续进行观察研究。曾于厦门大学和南京农学院校园内先后採集、固定落葵的花部材料。取材时，以花冠前端微微张开作为开花的标准。在穗状花序中，向顶依次採取不同大小的未开花朵，每级採取30—40朵。花序顶端部分，由于花小而密集，则整段进行固定。

材料以卡诺液和FAA液固定。石蜡法切片厚度为6—10微米，纵切面为主，其切面与花朵基部的主苞片成垂直，少数为横切面制片，以便对照观察。切片採用铁矾苏木精-固绿复染。另外，应用PAS反应检测细胞中多糖物质（淀粉）的分布，并用苯胺兰

本文于1985年6月17日收到。

* 本研究课题曾由严楚江教授生前指导进行，敬献本文以表对老师的深切怀念与感谢。

本文承李杨汉教授、王伏雄教授审阅，花粉扫描电镜照片承南京农业大学电镜室同志帮助拍摄，敬致谢忱。

染色诱导荧光，通过荧光显微镜观察小孢子形成过程中胼胝质壁的变化。对成熟花粉粒进行了电镜扫描观察。所有观察结果均以显微摄影记录。

观察结果

1.花粉粒的形成与发育

当雄蕊原基稍许伸长时，花药四角的表皮下，即已分化出少数孢原细胞（图版Ⅰ，1）。不久，这些孢原细胞通过平周分裂，向内产生初生造孢细胞，向外产生初生周缘细胞（图版Ⅰ，2）。初生造孢细胞经少数几次分裂，形成一些细胞体积与细胞核直径都较大，细胞质较浓的次生造孢细胞（图版Ⅰ，3）。以后，次生造孢细胞进一步发育为花粉母细胞。

花粉母细胞与周围的药壁细胞比较，在形态上有显著的差异。除细胞核较大之外，初期细胞排列紧密，呈多角形（图版Ⅰ，6），随着体积的继续增长，稜角渐不显著，细胞之间彼此分离(图版Ⅰ，4)。减数分裂过程中，观察到胼胝质壁的消长变化。当花粉母细胞处于前期Ⅰ的细线期时(图版Ⅰ，6)，尚看不出胼胝质的明显积累。细线期以后，在细胞的角隅处首先逐渐积累胼胝质(图版Ⅰ，7)，以至遍及细胞壁的各部。四分体形成时，4个小孢子的外面有较厚的胼胝质壁包围着，小孢子之间也有胼胝质存在，最后，尤以角部沉积为多（图版Ⅰ，12）。不久，胼胝质壁又逐渐溶解(图版Ⅰ，13)，当胼胝质只有微量残存时，小孢子则分散开来（图版Ⅰ，14）。上述情况，在荧光显微镜下可以清楚地看到。

小孢子四分体的形成是同时型的。花粉母细胞减数分裂产生2核时，并不立即形成新的细胞壁（图版Ⅰ，8），直至4核产生才同时发生细胞壁（图版Ⅰ，9、10）。小孢子呈四面体排列。由四分体中散出的幼期小孢子，其细胞壁薄，出现不规则收缩（图版Ⅰ，15），这与水稻、小麦中所存在的收缩期特征颇为相似。不久，小孢子的体积增大，外壁增厚，进入单胞花粉阶段（图版Ⅰ，16），以后分裂形成含营养细胞和生殖细胞的双胞花粉（图版Ⅰ，17），并由生殖细胞再分裂为2个精子，进而形成三胞花粉。从刚开花至开花后半小时的花朵中，精子为圆形(图版Ⅰ，18)。随着花粉进一步成熟，精子渐渐拉长而稍弯。在开花1小时以后的材料中，精子呈长纺缍形（图版Ⅰ，19）。

成熟花粉粒在扫描电镜下观察，其外形近于四方形，具散沟，外壁有网状纹饰，沟间的网眼较大，近沟的网眼变小而密，沟的周围具齿状边缘的膜状结构（图版Ⅰ，20、21）。

通过PAS染色反应检测，造孢细胞和花粉母细胞中未见淀粉积累，单胞花粉粒中才出现少数呈紫红色反应的小淀粉粒，三胞花粉粒中所含淀粉粒较多，颗粒也较大。

2.花药绒毡层的发育与解体

伴随次生造孢细胞的形成，初生周缘细胞主要行平周分裂而产生3层细胞，环生于造孢细胞的周围（图版Ⅰ，3）。此3层细胞中的外层发育为药室内壁，内层发育为绒毡层，内、外两层之间则为中层。它们连同包于花药最外的表皮层共同组成了花药壁。

当花粉母细胞减数分裂即将开始，绒毡层细胞已增至最大体积，细胞内富含原生

质，经PAS染色，出现多糖（淀粉）的正反应。花粉母细胞处于前期Ⅰ阶段，绒毡层细胞发生不规则的有丝分裂，细胞核分裂活跃，不伴随细胞板的形成；或出现粘着型分裂现象，形成哑铃状的分裂核。其结果导致绒毡层细胞中产生双核、3核或4核的结构。在与花粉囊平周的纵切面上，可以成片地观察到这种分裂现象（图版Ⅰ，5）。

花粉母细胞减数分裂的终末阶段，绒毡层细胞内的分裂活动减弱而停止，细胞之间开始彼此分离。及至小孢子四分体和小孢子阶段，绒毡层细胞在原来的位置上发生自溶（图版Ⅰ，11）。进达单胞花粉阶段，绒毡层仅剩少量的残留物（图版Ⅰ，16）。双胞花粉以后，绒毡层则被发育的花粉所吸收殆尽（图Ⅰ，17）。由此可见，落葵为腺质绒毡层。

3.胚囊的形成与发育

落葵的子房含单枚胚珠，当心皮原基向上生长而逐渐汇拢时，由胎座上长出呈半圆锥形的珠心组织。以后，在珠心基部突起出现内珠被原基，珠心组织的前端，在其表皮下的细胞，经分裂形成周缘细胞和造孢细胞（图版Ⅱ，22）。不久，内珠被的外侧再发育外珠被原基。周缘细胞进行平周分裂，增加细胞层次，进一步形成厚珠心。此时，胚珠开始逐渐弯曲。造孢细胞的体积及其细胞核均较周围细胞的为大，以后继续增大其体积，直接发育为胚囊母细胞（图版Ⅱ，23、24）。

当珠孔端的珠心组织厚达8—10层细胞时，其内侧胚囊母细胞已经过减数分裂而形成线形四分体（图版Ⅱ，25）。四分体中只有合点端的一个大孢子能够发育（图版Ⅱ，26），按蓼型胚囊发育方式（图版Ⅱ，27、28、29）形成八核胚囊(图版Ⅱ，30、31)。成熟胚囊中，2个极核移至胚囊中央，3个反足细胞早期解体（图版Ⅱ，30）。大多数情况下，在受精前，两个极核相互移近而密接（图版Ⅱ，34、35），继而，核膜逐渐溶解，发生核仁的融合（图版Ⅱ，36、37），最后形成一个具有大核仁的次生核（图版Ⅱ，31、38）。但也有少数的情况，2个极核的分离状态一直维持到受精。

卵细胞为长梨形，细胞中含一个大液泡，细胞核与细胞质集中于宽的合点端（图版Ⅱ，31）。助细胞长棒形，较卵细胞短，其细胞核位于近中央处，浓稠的细胞质围于细胞核的四周，并向珠孔端扩延，液泡较小而偏位于合点端，珠孔端可见丝状器结构（图版Ⅱ，33)。受精后，2个助细胞先后解体，个别材料中观察到助细胞延缓解体的现象。

造孢细胞、胚囊母细胞和幼期大孢子中均未发现淀粉。在四核胚囊中有少量淀粉出现。八核胚囊中淀粉粒的体积较大，数量也有显著增多，它们多分布于极核的四周和卵细胞的合点端部位（图版Ⅱ，30、31）。

成熟胚珠为弯生的，内珠被在珠孔端伸出形成珠被喙（integumentary beak）。同时，在喙的珠孔部位，由一些细胞核较大，细胞质较浓，细胞壁较厚的细胞组成的类似盖状结构。追溯其形态发生，它们是由内珠被顶端的内表皮细胞衍生、发育而来（图版Ⅱ，32）。

4.花粉粒发育与胚囊发育的进程关系

落葵花中，花粉粒发育的开始略早于胚囊。当幼小花药出现初生造孢细胞时，胚珠还处于尚未分化的珠心阶段。花药中由造孢组织形成花粉母细胞时，珠心中才有孢原细胞以至造孢细胞的分化。以后，花粉母细胞经减数分裂、四分体而形成单胞花粉的进程

较慢，特别是单胞花粉阶段延续时间最长；而胚囊母细胞进行减数分裂形成四分体，再从四分体开始，直至胚囊成熟阶段的发育进程却比较迅速。因此，当单胞花粉时期终了时，胚囊母细胞已通过一系列分裂、分化活动，而形成了单核胚囊或二核胚囊，个别情况，甚至进达四核胚囊。继而花粉从二胞阶段发育为三胞花粉；胚囊则从四核阶段迅速发育为八核胚囊。最终，雌雄两性细胞几近同时成熟，二者的发育进程得到协调（表1）。只在少数花朵中观察到八核胚囊的成熟略早于三胞花粉成熟的现象。

此外，还注意到相邻花朵之间发育进程上的差别（表1）。在开花时间上，相邻两花之间相差约一天。在内部结构的分化发育上，当天开放的花朵以及紧位于其上的第一朵未开花中，为三胞花粉和八核胚囊。依次向顶，花序中的第二朵未开花中，为双胞花粉至单胞花粉（少数），以及四核、二核至单核胚囊（少数）；第三朵未开花朵中，为单胞花粉，以及大孢子四分体至单核胚囊；第四朵未开花中，为花粉母细胞减数分裂至四分体形成，以及胚囊母细胞至减数分裂开始；第五朵未开花以上的数花中，可以追溯到花粉母细胞、造孢细胞、孢原细胞、珠心以及心皮原基的出现。但越近穗状花序前端的花朵之间，其进程的差别愈加缩小，愈不明显。

表1.　落葵花粉粒与胚囊发育进程的相关示意图解

Table 1. Relationship between the developmental process of pollen grain and embryo sac of *Basella rubra*

不同部位花朵	同一花朵	
	花粉发育进程	胚囊发育进程
第五朵以上 未开放花	花药分化 孢原细胞 造孢细胞 花粉母细胞	心皮原基分化 珠心组织 孢原细胞 造孢细胞
第四朵 未开放花	减数分裂—四分体	胚囊母细胞
第三朵 未开放花	小孢子 单孢花粉	减数分裂—四分体 大孢子 单核胚囊
第二朵 未开放花	双孢花粉	二核胚囊 四核胚囊
第一朵 未开放花	三胞花粉	八核胚囊
当天开放花		

讨　　论

1.关于胼胝质的积累变化

落葵花粉母细胞在减数分裂过程中，其细胞的角隅首先积累胼胝质，这与Bhojwani和Bhatnagar指出的胼胝质的沉积通常是在花粉母细胞的角隅开始是一致的[4]；但与胡适宜在小麦中所看到的胼胝质先沿花粉母细胞的内平周壁沉积，然后逐渐扩展至垂周壁，以及Echlin和Godwin对熊足铁筷子(*Helleborus foetidus*)所描述的胼胝质首先在花粉母细胞对向绒毡层的外侧壁上开始积累，再渐扩展至细胞内侧的现象稍有不同[3]。这可能由于植物种类不同而出现的差异。然而，在花粉母细胞形成小孢子的全过程中，胼胝质的一度形成，以后又重新消失的总规律是一致的。这种有规律的消长变化，显然与胼胝质在花粉形成发育中有其生理上的重要意义是相关联的。

2.绒毡层、珠心冠和珠孔端喙状结构的形态发生

Rocén记述了落葵科花粉囊中不形成周原质团[7]，Davis[5]以及 Maheshwari devi和Pullaiah[6]指出落葵科植物花药具有多核的腺质绒毡层。作者在观察落葵的花药绒毡层的发育过程中，也看到与上述记载相同的现象。

然而，Rocén和Davis在综述落葵科胚胎学的特征时，认为本科具有珠心冠（nucellar cap）。Maheshwari devi 和 Pullaiah却称本科具有珠心喙（nucellar beak），并且报道了落葵的内珠被突出形成了珠被喙，周缘组织则经分裂而产生突入珠孔道的冠状结构。他们的意见互有出入。作者从落葵花部的切片中观察到落葵的胚珠为厚珠心类型，在胚囊顶部的多层珠心细胞，排列较为整齐，但是这些细胞的细胞壁却没有加厚或木栓化，未形成宿存的结构，或者可以视为是一种形态特征不够明显突出的珠心冠。此外，在珠孔道中并没有看到突入的冠状结构或发达的长喙。如果由植物种类不同，本科中有的植物具有明显的珠孔喙，而即将此作为落葵科的共同特征之一，作者认为这是值得商榷的。至于由内珠被突出形成的喙，以及在珠孔区域由内珠被的内表皮细胞所形成的类似盖状结构，在切片中倒是清楚可辨，这与Maheshwari devi 和 Pullaiah称落葵具有珠被喙的意见则基本上是一致的。

3.花粉粒与胚囊的发育进程

落葵花粉的开始发育较胚囊为早的现象，与何孟元在研究大豆时所报道的情况是一致的，大豆的大孢子母细胞的发育迟于小孢子母细胞，当小孢子母细胞已通过减数分裂形成四分体时，大孢子母细胞才开始减数分裂[2]。同时也与许方等指出的花生和梨大、小孢子发生时的迟早差异基本相同[1、2]。看来这种差异现象在许多植物中是比较普遍存在的。但是这与席湘媛等在研究小麦花粉和胚囊发育之间关系的报道却存在不同结果，该

1）许方、姚宜轩，1983：花生大、小孢子发生的研究。中国植物学会五十周年年会学术报告及论文摘要汇编，356。

2）许方、辛洪婵、石志亮，1983：梨大、小孢子的发生及雌、雄配子体的形成。中国植物学会五十周年年会学术报告论文摘要汇编，357。

文报道小麦的胚囊母细胞和花粉母细胞的减数分裂是同时开始的[9]。这种情况的产生，或由于植物种类不同，或与植物生殖时期气候条件有一定的关系，都可作进一步的探讨。

落葵的花粉发育略早于胚囊，但胚囊后期发育较快，使得雌、雄性细胞能同时达到成熟阶段，可以认为这是植物对于受精作用的适应性状。至于在少数花中，胚囊成熟略早于花粉的发育成熟，但由于卵细胞有较强的生活力，能持续较长的时间，因此，这种发育进程上的少许差别，并不会影响受精作用的正常进行。

参 考 文 献

〔1〕 王兆澄，1935：落葵子实中之色素（豫报）。国立中央大学农学丛刊，卷Ⅰ，一、二期合刊，35—36。

〔2〕 何孟元、周雅言、徐宗尧、张佳善，1979：植物学报，2(21):157—162。

〔3〕 胡适宜，1982：被子植物胚胎学。人民教育出版社。

〔4〕 Bhojwani, S. S. and S. P. Bhatnagar, 1978 (third edition): The embryology of angiosperms. Vikas publishing House PVT Ltd. New Delhi.

〔5〕 Davis, G. L., 1966: Systematic embryology of the angiosperms. John Wiley and Sons, Inc. 55.

〔6〕 Maheshwari devi, H. and T. Pullaiah, 1975: *Indian Bot. Soc.*, 54:154—166.

〔7〕 Rocén, T., 1927: Zur embryologie der Centrospermen. Diss. Uppsala. 36—46.

〔8〕 Sugiura, T., 1936: *Proc. Imp. Acad. Jap.*, 12:144—146.

〔8〕 Xi, X. Y. and D. C. Cui, 1983: *Bot. Gaz.* 144(2):191—200.

FORMATION AND DEVELOPMENT OF POLLEN GRAIN AND EMBRYO SAC OF BASELLA RUBRA

Xu Hanqing

(Nanjing Agricultural University)

Abstract This article is a part of embryological studies of *Basella rubra* L. dealing with the microsporogenesis and megasporogenesis, and the development of male and female gametophytes. The results of observation are summarized as follows:

The formation of microspore was of simultaneous type and the microspore tetrads were arranged tetrahedrally. In the meiosis of PMCs, the changes in formation and disappearance of callose wall may be clearly seen. Pollen grain was 3-celled when shed, and formed six colpi (pancolpate) and reticulate sculpture on the pollen surface. The characters of glandular tapetum were appeared.

The development of the embryo sac conforms to the *Polygonum* type. The antipodal cells were ephemeral. The inner integument overgrew and formed an

integumentary beak. There was a cap-like structure in the micropylar region, which originated from the inner epidermal cells of the inner integument.

Attention is also paid to the relations of the developmental process between pollen grains and embryo sac within the same flower and within adjecent flowers. In general cases, initially the PMCs occurred earlier than the EMC, but later, the development of the embryo sac from EMC proceeded so quickly that embryo sac and pollen grains were adjusted to maturity at the same time.

Key words *Basella rubra*; Pollen grain; Embryo sac

图 版 说 明

图 版 I

图 1—22　花粉粒的形成与发育

图1. 幼期花药四角出现孢原细胞。×300　图2. 幼期花药的一部分，示周缘细胞与初生造孢细胞形成。×550　图3. 幼期花粉囊横切面的一部分，最外层为表皮层，周缘细胞分为三层细胞，囊的中央部分为次生造孢细胞。×500　图4. 花粉囊横切面的一部分，囊壁的中层已渐消失，绒毡层细胞中出现多核，囊中央部分为花粉母细胞。×350　图5. 与图 4 同期发育的花粉囊纵切，成片的多核绒毡层细胞。×350　图6. 花粉母细胞减数分裂的细线期，胼胝质尚无明显积累。×750　图7. 花粉母细胞的终变期，胼胝质先在细胞角隅处（箭头所指）逐渐积累。×750　图8. 前期Ⅱ，形成 2 核细胞。×750　图9. 末期Ⅱ，形成 4 核细胞。×750　图10. 小孢子四分体的形成为同时型。×750　图11. 花粉囊的一部分，中间为幼期小孢子，胼胝质已完全消失，周围为正解体的腺质绒毡层。×350　图12. 荧光镜下的小孢子四分体，示外周有较厚的胼胝质壁(发亮部分)。×700　图13. 稍后，胼胝质壁渐溶解变薄。×700　图14. 小孢子即将分散，胼胝质仅有少量残留(荧光发亮部分)。×700　图15. 小孢子已分散，其外围的胼胝质已完全消失。×500　图16. 单胞花粉。×500　图17. 双胞花粉。×500　图18. 三胞花粉，初期精子呈圆形。×1000　图19. 三胞花粉，后期精子呈纺锤形。×1000　图20. 扫描电镜下的花粉粒外形照片。×900　图21. 扫描电镜下的花粉粒部分放大照片，示萌发沟。×4000

图 版 Ⅱ

图22—38　胚囊的形成与发育

图22. 幼期胚珠，内珠被原基出现，珠心中形成周缘细胞（外）和造孢细胞(内)。×350　图23. 胚珠开始弯曲，内、外珠被进一步分化。周缘细胞平周分裂，造孢细胞发育为胚囊母细胞。×350　图24. 胚珠弯生，内、外珠被包拢，胚囊母细胞增大。×350　图25. 胚囊母细胞减数分裂后形成纵行排列的大孢子四分体。×350　图26. 珠孔端 3 个大孢子退化，合点端的一个大孢子发育。×350　图27. 单核胚囊。×350　图28. 二核胚囊。×350　图29. 四核胚囊×350　图30. 成熟胚囊，卵器位于珠孔端，两个极核移近卵细胞的合点端部位，反足细胞已经退化。×350　图31. 成熟胚囊，卵细胞的大液泡位于珠孔端，细胞核和细胞质位于合点端，卵细胞的左侧为助细胞，另一助细胞在相邻切片中。2 个极核已融合为次生核。次生核四周与卵细胞的合点端附近分布大量淀粉粒（箭头所指）。×300　图32. 成熟胚珠的珠孔端部分（珠被喙），示由内珠被的内表皮细胞发育来的类似盖状结构（箭头所指），其内侧为珠心组织。×250　图33. 卵细胞与 2 枚助细胞（助细胞的上端切断，留于相邻切片中），助细胞的珠孔端可见丝状器（箭头所指）。×1000　图34. 2 个极核渐渐移近。×1500　图35. 2 个极核密接。×1500　图36. 2 个极核的核仁正融合。×1500　图37. 2 个极核正融合中，其中还可见 2 极核的核仁。×1500　图38. 2 个极核已融合为一个次生核。×1500

Explanation of plates

Plate Ⅰ.

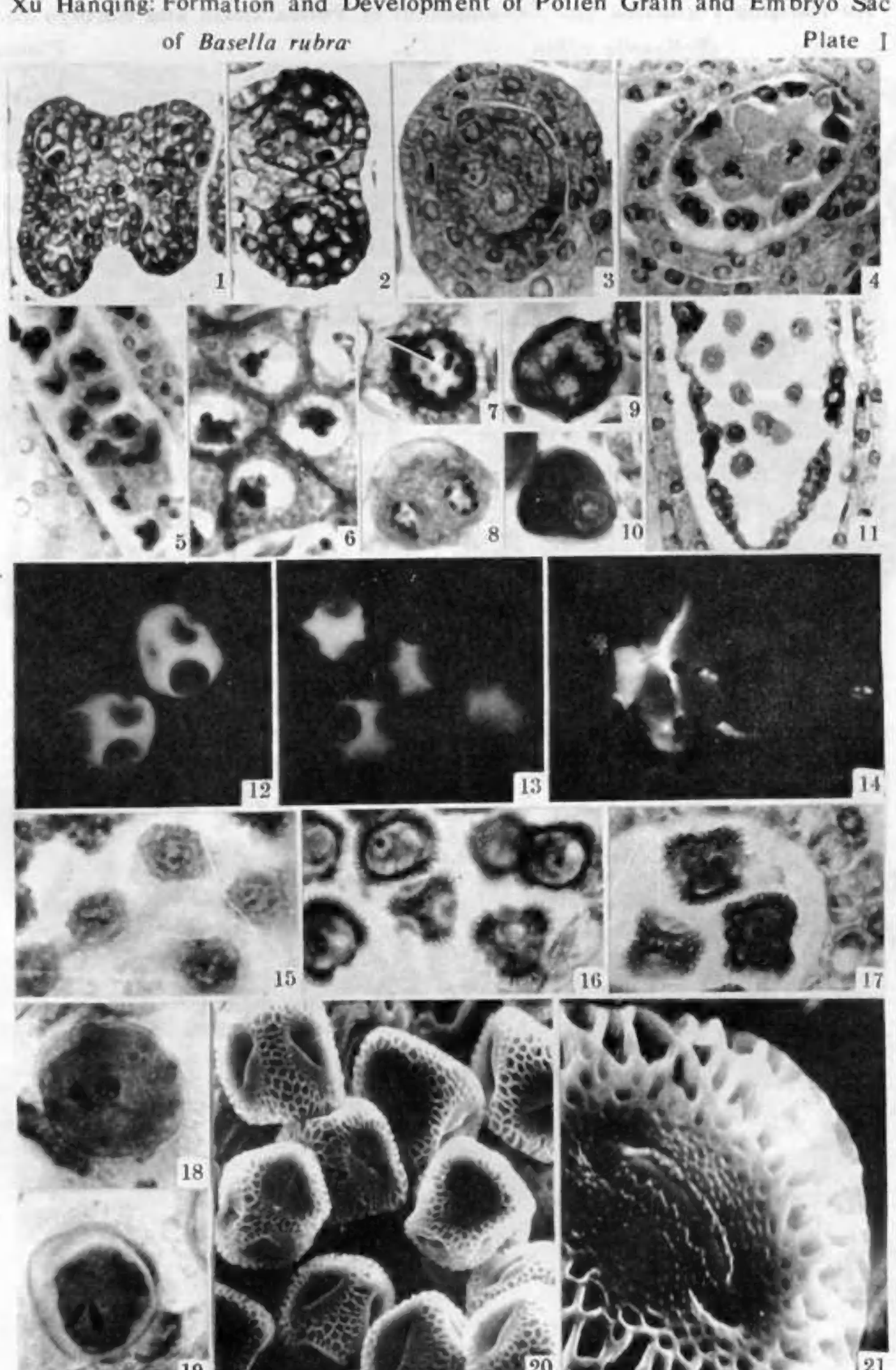
Fig. 1—21 Formation and development of pollen grain of *Basella rubra.*

Fig. 1. Young anther showing archesporial cells differentiated at the four corners. ×300 Fig. 2. Portion of a cross section of the young anther showing the formation of the parietal cell (outside) and primary sporogenous cell (inside). ×550 Fig. 3. Portion of a cross section of young pollen sac, the outermost layer was the epidermis, parietal cells differentiated into three layers of the anther wall. The secondary sporogenous cells located in the central part of pollen sac. ×500 Fig. 4. Portion of a cross section of pollen sac, showing the middle layer disappeared gradually, and multinuclei appeared in the tapetal cells. PMCs occurred in the centre of pollen sac. ×350 Fig. 5. Longitudinal section of pollen sac, same as in Fig. 4, showing a plate of multinucleate tapetal cells. ×350 Fig. 6. PMCs at leptotene, the deposition of callose was not clear. ×750 Fig. 7. PMCs at diakinesis, the deposition of callose started at the corners (arrow) of the cells. ×750 Fig 8. Prophase Ⅱ, a binucleate cell was formed, the callose layer remained as a definite thickering. ×750 Fig. 9. Anaphase Ⅱ, 4-nucleate stage. ×750 Fig. 10. Microspore tetrads were formed by simultaneous cytokinesis. ×750 Fig. 11. Portion of the pollen sac, showing the separate microspores located in the centre of the pollen sac and the callose disappeared. ×350 Fig. 12. Fluorescene micrograph of the microspore tetrads, showing the tetrads were surrounded by thick callose (light region). ×700 Fig. 13. Afterwards, the callose surrounding the microspore tetrad became to thin out. ×700 Fig. 14. Microspores just before separation, the callose left only a little remnants. ×700 Fig. 15. The callose surrounding the microspores disappeared entirely. ×500 Fig. 16. Single nucleate pollen. ×500 Fig. 17. Two-celled pollen. ×500 Fig. 18. Three-celled pollen at the early stage, showing one larger vegetative nucleus and two rounded spermrs. ×1000 Fig. 19. Three-celled pollen at the later stage, two sperms became spindle-like. ×1000 Fig. 20. Scanning electron micrograph of pollen grains. ×900 Fig. 21. An enlarged view of a part of a pollen grain showing a colpus. ×4000

Plate Ⅱ.

Fig. 22—38. Formation and development of embryo sac of *Basella rubra.*

Fig. 22. Young ovule, the primodium of inner integument appeared, parietal cell (outside) and sporogenous cell (inside) formed in nucellus. ×350 Fig. 23. The ovule began to curve. Inner and outer integuments further differentiated the parietal cell divided in periclinal, and the embryo sac mother cell derived from sporogenous cell. ×350 Fig. 24. Campylotropous ovule, two integuments enveloped the nucellus almost completely. Embryo sac mother cell further enlarged. ×350 Fig. 25. Embryo sac mother cell underwent meiosis to form linear megaspore tetrad. ×350 Fig. 26. Three megaspores of the tetrad at micropylar end degenerated, charazal megaspore continued to develop. ×350 Fig. 27. One-nucleate embryo sac. ×350 Fig. 28. Two-nucleate embryo sac. ×350 Fig. 29. Four-nucleate embryo sac. ×350 Fig. 30. Mature embryo sac showing the egg apparatus at the micropylar end, two polar nuclei moved near the chalazal end of egg cell, antipodals had degenerated. ×350 Fig. 31. Mature embryo sac, the micropylar end of the egg cell was occupied by a large vacuole, and the nucleus was situated in the chalazal end. One synergid appeared on the left, another one remained in the adjacent section. Two polar nuclei fused to form the secondary nucleus. Numerous starch grains (arrow) found around the secondary nucleus and the chalazal end of egg. ×300 Fig. 32. Portion of micropylar end of mature ovule (integumentary beak), showing the cap-like structure (arrow) which derived from the inner epidermal cells of the inner integument, nucellar tissue situated inside of it. ×250 Fig. 33. Egg cell and synergids (upper portion of synergids had been cut and remained in the next section), a filiform apparatus (arrow) at the micropylar end of each synergid was recognized. ×1000 Fig. 34. Two polar nuclei approached each other gradually. ×1500 Fig. 35. Two polar nuclei came in contact with each other. ×1500 Fig. 36. The nucleoli of two polar nuclei were fusing. ×1500 Fig. 37. Two polar nuclei were fusing. The nucleoli of two polar nuclei were recognized. ×1500 Fig. 38. Two polar nuclei fused completely, and formed a secondary nucleus. ×1500


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

22 23 24 25

26 27 28 29

30 31 32 33

34 35 36 37 38